

97-3-802 PC1  
Search Rpt  
"X" ref.



**PCT**  
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

U.S. PTO  
09/602079  
06/22/00

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>5</sup> : <b>H04Q 7/04</b>		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 94/17640</b>
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>4. August 1994 (04.08.94)</b>
(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/EP93/02846</b> (22) Internationales Anmeldedatum: <b>15. Oktober 1993 (15.10.93)</b> (30) Prioritätsdaten: P 43 02 228.6          27. Januar 1993 (27.01.93)          DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>DE-TECON [DE/DE]; Deutsche Telepost Consulting GmbH, Langer Grabenweg 35, D-53175 Bonn (DE).</b> (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>PLEHN, Jürgen [DE/DE]; Maltesertstrasse 16, D-53115 Bonn (DE).</b> (74) Anwalt: <b>RIEBLING, Peter; Rennerle 10, D-88131 Lindau (DE).</b>		(81) Bestimmungsstaaten: <b>AT, AU, BB, BG, BR, CA, CH, CZ, DE, DK, ES, FI, GB, HU, JP, KP, KR, MG, MN, MW, NL, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SK, UA, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</b>  Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Mit geänderten Ansprüchen.	
(54) Title: <b>PROCESS FOR ALLOCATING FREQUENCIES TO BASE STATIONS OF A MOBILE RADIOTELEPHONE NETWORK</b> (54) Bezeichnung: <b>VERFAHREN ZUR ZUWEISUNG VON FREQUENZEN ZU BASISSTATIONEN EINES MOBILFUNKNETZES</b> (57) Abstract <p>A process for allocating frequencies to base stations of a mobile radiotelephone network is based on input information which contains at least the number of frequencies required for each base station, the admissible frequencies in the mobile radiotelephone network and information on possible interference effects between the base stations in the event of similar and/or contiguous frequencies. The following steps are alternatively carried out: (a) a base station among the plurality of base stations to which not all available frequencies have yet been allocated is selected according to a first base station selection criterion and if required further base station selection criteria; (b) a frequency is selected according to a first frequency selection criterion and if required further frequency selection criteria; (c) the frequency selected during step (b) is identified as allocated to the base station selected during step (a).</p>			
(57) Zusammenfassung <p>Bei einem Verfahren zur Zuweisung von Frequenzen zu Basisstationen eines Mobilfunknetzes, wobei von Eingangsinformationen ausgegangen wird, die mindestens die Anzahl der für jeweils eine Basisstation benötigten Frequenzen, die im Mobilfunknetz zulässigen Frequenzen und Informationen zu möglichen Störwirkungen zwischen den Basisstationen im Fall gleicher und/oder benachbarter Frequenzen enthalten, werden folgende Schritte abwechselnd durchgeführt: (a) Auswahl einer Basisstation aus der Menge derjenigen Basisstationen, der noch nicht alle vorgesehenen Frequenzen zugewiesen worden sind, nach einem ersten Basisstations-Auswahlkriterium und erforderlichenfalls weiteren Basisstations-Auswahlkriterien, (b) Auswahl einer Frequenz nach einem ersten Frequenz-Auswahlkriterium und erforderlichenfalls weiteren Frequenz-Auswahlkriterien, (c) Kennzeichnung der Frequenz aus (b) als der Basisstation aus (a) zugewiesen.</p>			

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauritanien
AU	Australien	GB	Verinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Gambia	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Verenigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

5

10

Verfahren zur Zuweisung von Frequenzen zu Basisstationen  
eines Mobilfunknetzes

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zuweisung von  
Frequenzen zu Basisstationen eines Mobilfunknetzes, wobei  
von Eingangsinformationen ausgegangen wird, die  
20 mindestens die Anzahl der für jeweils eine Basisstation  
benötigten Frequenzen, die im Mobilfunknetz zulässigen  
Frequenzen und Informationen zu möglichen Störwirkungen  
zwischen den Basisstationen im Fall gleicher und/oder  
benachbarter Frequenzen enthalten.

25

Bei Mobilfunknetzen sind Basisstationen über das  
geografische Gebiet verteilt, das von dem Mobilfunknetz  
erfaßt wird. Die Basisstationen umfassen Sende- und  
Empfangseinrichtungen, die zu einem Nachrichtenaustausch  
30 mit Mobilstationen ausgelegt sind, die sich in dem  
Versorgungsbereich der jeweiligen Basisstation befinden.  
Wegen der begrenzten Anzahl von Frequenzen, die für das  
Mobilfunknetz verwendet werden können, ist eine Belegung  
verschiedener Basisstationen mit gleichen Frequenzen  
35 nicht auszuschließen, wodurch Interferenzen entstehen,  
wenn eine Mobilstation Signale gleicher Frequenz von  
mehreren Basisstationen empfängt. Außerdem sind

Interferenzen durch eng benachbarte Frequenzen nicht auszuschließen. Außer bei Störungen durch Interferenzen beim Empfang der Signale der Basisstationen in den Mobilstationen (Down-Link) sind auch Interferenzen beim  
5 Empfang in den Basisstationen (Up-Link) zu berücksichtigen.

Die Zuweisung von Frequenzen zu den einzelnen Basisstationen hat daher in einer Weise zu erfolgen, daß  
10 ein möglichst interferenzfreier Betrieb des Mobilfunknetzes gewährleistet ist. Dazu sind verschiedene Verfahren bekanntgeworden, bei denen Basisstation für Basisstation Frequenzen zugewiesen werden, wobei Frequenzen ausgeschlossen sind, die bereits einer anderen  
15 Basisstation zugewiesen sind, wenn die Interferenzwahrscheinlichkeit zwischen der Basisstation und der anderen Basisstation einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

20 Bei einem durch WO 90/10341 bekanntgewordenen Verfahren werden für die einzelnen Frequenzen nacheinander jeweils maximale Gruppen von Basisstationen, die noch keine Frequenz erhalten hatten und die alle wegen der Nichtüberschreitung von Mindestanforderungen eine  
25 identische Frequenz haben dürften, zusammengestellt. Die Zielrichtung des Verfahrens ist die Benutzung möglichst weniger Frequenzen.

Bei einem weiteren Verfahren (A. Gamst: "A resource  
30 allocation technique for FDMA systems" in Alta Frequenza Vol. LVII N. 2), das in einem unter dem Namen GRAND bekanntgewordenen Computerprogramm verwendet wird, werden für die einzelnen Frequenzen nacheinander jeweils maximale Gruppen von noch offenen Frequenzwünschen an  
35 Basisstationen gebildet. Hier wird also schon der Fall berücksichtigt, daß eine Basisstation mehr als eine Frequenz benötigt. Bei festgehaltener Frequenz müssen die

- in der Gruppe gesammelten Frequenzwünsche alle gleichzeitig mit dieser Frequenz befriedigt werden können, d. h. daß bestimmte Mindestanforderungen erfüllt bleiben. Die Zielrichtung des Verfahrens ist auch hier
- 5 die Benutzung möglichst weniger Frequenzen. Durch eine intelligente Bestimmung einer Mindestanzahl von benötigten Frequenzen erlaubt das Verfahren sogar eine Erfolgskontrolle für das Frequenzanzahlminimierungsziel.
- 10 Die übliche Zielsetzung der bekannten Verfahren, die Minimierung der Anzahl der benutzten Frequenzen, ist in Frage zu stellen. Dem Betreiber eines Mobilfunknetzes ist üblicherweise die Nutzung einer festgelegten Menge von Frequenzen erlaubt. Diese wird er so einsetzen wollen,
- 15 daß ein möglichst interferenzfreier Betrieb des Mobilfunknetzes gewährleistet ist.

- Die bekannten Verfahren leiden darunter, daß die ersten Frequenzen übermäßig häufig und die letzten Frequenzen
- 20 sehr selten benutzt werden. Ferner werden durch die eingeschränkte Sichtweise bezüglich der Interferenz (Mindestanforderung erfüllt oder nicht) Frequenzpläne erstellt, die den Betrieb des Mobilfunknetzes durch vermeidbare Interferenzen unnötig erschweren.
- 25 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Zuweisung von Frequenzen zu Basisstationen eines Mobilfunknetzes anzugeben, welches eine gleichmäßigere Nutzung des zur Verfügung stehenden Spektrums bewirkt.

- 30 Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß folgende Schritte abwechselnd durchgeführt werden:
- (a) Auswahl einer Basisstation aus der Menge derjenigen
- 35 Basisstationen, der noch nicht alle vorgesehenen Frequenzen zugewiesen worden sind, nach einem ersten Basisstations-Auswahlkriterium und

erforderlichenfalls weiteren  
Basisstations-Auswahlkriterien,

- (b) Auswahl einer Frequenz nach einem ersten  
Frequenz-Auswahlkriterium und erforderlichenfalls  
5 weiteren Frequenz-Auswahlkriterien,  
(c) Kennzeichnung der Frequenz aus (b) als der  
Basisstation aus (a) zugewiesen.

Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht  
10 darin, daß die Frequenzen unter Berücksichtigung der  
möglichen Störwirkungen zwischen den Basisstationen  
weitgehend gleichmäßig über das Mobilfunknetz, das heißt  
über den geografischen Bereich verteilt werden. Zur  
Beschreibung der Störwirkungen eignen sich vorzugsweise  
15 Interferenzwahrscheinlichkeiten. Das erfindungsgemäße  
Verfahren wendet außer den  
Interferenzwahrscheinlichkeiten weitere an sich zur  
Verfügung stehende Informationen optimal aus.

- 20 Die Ermittlung der Interferenzwahrscheinlichkeit ist an  
sich bekannt und beispielsweise in der bereits erwähnten  
Druckschrift WO 90/10341 beschrieben. Danach ist die  
Interferenzwahrscheinlichkeit derjenige Flächenanteil am  
Versorgungsbereich, für den das  
25 Nutz-zu-Störsignalverhältnis kleiner als ein vorgegebener  
Wert ist. Bei weiteren Verfahren zur Ermittlung der  
Störwahrscheinlichkeit kann der Flächenanteil noch mit  
der auf den Flächenanteil entfallenden Verkehrsmenge  
bewertet werden.

30

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in vorteilhafter  
Weise als Computerprogramm ausgeführt werden und die  
folgenden Eingangsinformationen verarbeiten:

- (1) Angaben über die Wahrscheinlichkeit der Interferenz  
35 auf Gleichkanälen, ersten Nachbarkanälen, zweiten  
Nachbarkanälen usw. (für Up-Link oder Down-Link oder  
Mix der beiden).

- (2) Angabe der prinzipiell im Netz zulässigen Frequenzen.
- (3) Folgende Angaben für jede einzelne Basisstation:
- (a) Anzahl der benötigten Frequenzen,
  - (b) lokal gebotene Frequenzen,
  - 5 (c) lokal verbotene Frequenzen,
  - (d) ein Schwierigkeitsmaß,
  - (e) zu tragende Verkehrslast,
  - (f) Auslastung (Verkehrslast zu Kapazität).
- (4) Für den Gleichkanalfall, den Fall des ersten
- 10 Nachbarkanals usw. jeweils eine maximal tolerierbare Interferenzwahrscheinlichkeit und eine darunter liegende Schwelle, ab der :  
Interferenzwahrscheinlichkeiten überhaupt als relevant angesehen werden.
- 15 (5) Eine maximale Anzahl von Frequenzzuweisungsdurchläufen.
- (6) Systemspezifische (z. B. GSM-spezifische) Zusatzvorgaben wie z. B. Kanalabstände wegen
- 20 Sendekopplereigenschaften.

Unter (1) und (4) sind bei diesem Programm zumindest die Angaben für einen der Fälle (Gleichkanal, erster Nachbarkanal usw.) notwendig. Ferner sind notwendig: (2),

25 (3)(a) und (5); weggelassen werden können: (3)(b)(c) und (6); mit einem Default-Wert können gesetzt werden: (3)(d) bis (f).

Das Verfahren endet vorzugsweise, wenn in einem Durchlauf

30 der Frequenzbedarf jeder Basisstation unter Einhaltung der Nebenbedingungen erfüllt werden konnte oder wenn die maximale Anzahl von Frequenzzuweisungsdurchläufen durchgeführt worden ist. Im letzteren Falle kann das Ergebnis des Verfahrens unter Umständen nur eine

35 Teillösung sein, aufgrund derer sich der Anwender hinsichtlich seiner Eingangsdaten neu orientieren kann. Ein Zuweisungsdurchlauf besteht aus einer Reihe von

Einzelzuweisungen, bei welcher jeweils einer Basisstation eine Frequenz zugewiesen wird.

Das Ergebnis des Verfahrens besteht letztendlich aus  
5 einer Liste, in welcher die den Basisstationen jeweils zugeordneten Frequenzen aufgeführt sind. Darüberhinaus kann die Liste weitere Angaben enthalten, wie beispielsweise Interferenzwahrscheinlichkeiten, die nach der Zuweisung der Frequenzen bestehen, oder freie  
10 Frequenzen, die bei Bedarf noch vergeben werden können.

Obwohl im Rahmen der Erfindung grundsätzlich auch eine andere Reihenfolge gewählt werden kann, hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn jeweils zunächst eine  
15 Basisstation und danach eine Frequenz für die zuvor ausgewählte Basisstation ausgewählt wird.

Eine Verbesserung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß ferner eine Kennzeichnung derjenigen  
20 Einzelzuweisungen (Frequenz zu Basisstation) erfolgt, die aufgrund der Auswahl der Basisstation und der Frequenz unter Berücksichtigung der möglichen Störwirkungen, insbesondere von maximal zulässigen Interferenzwahrscheinlichkeiten nicht mehr zulässig sind.  
25

Die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann an sich bei einem beliebigen Verfahrensstand abgebrochen werden, worauf weitere Zuweisungen durch den jeweils tätigen Planer selbst erfolgen können. Bei einer  
30 Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist jedoch vorgesehen, daß die Schritte (a) bis (c) wiederholt werden bis allen Basisstationen die erforderliche Anzahl von Frequenzen zugewiesen ist oder bis bei weiterem Bedarf keine Frequenzen mehr zuweisbar sind, und daß im  
35 Falle, daß keine Frequenzen mehr zuweisbar sind, die Zuweisung von Frequenzen mit anderen Eingangsinformationen wiederholt wird. Hierdurch ist



sichergestellt, daß die Zuweisungen weitgehend optimal durch das erfindungsgemäße Verfahren erfolgen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist vorzugsweise  
5 vorgesehen, daß als erstes Basisstations-Auswahlkriterium die maximale Zahl der dieser Basisstation noch gemeinsam zuweisbaren Frequenzen im Verhältnis zu der Zahl der von der Basisstation noch benötigten Frequenzen dient.

- 10 Eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß die Informationen über mögliche Störwirkungen Interferenzwahrscheinlichkeiten sind und daß als ein Basisstations-Auswahlkriterium die Summe der  
15 auszuwählenden Basisstation wegen der Benutzung von gleichen und/oder benachbarten Frequenzen im Verhältnis zu anderen Basisstationen bestehen. Hierdurch erfolgt eine weitere Optimierung der Frequenz-Zuweisung.
- 20 Wie bereits oben erwähnt, kann als eine der Eingangsinformationen ein Schwierigkeitsmaß je Basisstation eingegeben werden. Häufig wird jedoch die Schwierigkeit, mit der jeweils einer Station die erforderlichen Frequenzen zugewiesen werden können, erst  
25 bei der Zuweisung selbst bekannt - also nach einem oder mehreren Zuweisungsdurchläufen.

- Gemäß einer anderen Weiterbildung ist daher vorgesehen, daß die Eingangsinformationen ferner für jede  
30 Basisstation ein Schwierigkeitsmaß enthalten, das nach einer Zuweisung, welche nicht alle Frequenzerfordernisse befriedigt, derart geändert wird, daß das Schwierigkeitsmaß derjenigen Basisstationen, welchen nicht die erforderliche Zahl von Frequenzen zugewiesen  
35 wurden, deterministisch oder nicht deterministisch heraufgesetzt wird und daß das Schwierigkeitsmaß bei der

Auswahl der Basisstation gemäß Schritt (a) berücksichtigt wird.

Eine andere Weiterbildung besteht darin, daß zur Auswahl  
5 der Frequenz gemäß Schritt (b) ein  
Frequenz-Auswahlkriterium aus der Zugehörigkeit der  
jeweiligen Frequenz in der höchsten der folgenden Klasse  
besteht:

- in Klasse 1 werden von den an der ausgewählten  
10 Basisstation erlaubten Frequenzen diejenigen  
eingeordnet, deren Zuweisung zur ausgewählten  
Basisstation für das Verhältnis der maximalen Zahl der  
dieser Basisstation noch gemeinsam zuweisbaren  
Frequenzen zu der Zahl der von dieser Basisstation noch  
15 benötigten Frequenzen einen Wert unter 1 erzeugen  
würde,
- in Klasse 2 werden von den restlichen Frequenzen  
diejenigen eingeordnet, deren Zuweisung zur  
ausgewählten Basisstation für das Verhältnis der  
20 maximalen Zahl der einer anderen Basisstation noch  
gemeinsam zuweisbaren Frequenzen im Verhältnis zu der  
Zahl der von dieser anderen Basisstation noch  
benötigten Frequenzen einen Wert unter 1 erzeugen  
würde,
- 25 - in Klasse 3 werden alle anderen bisher noch nicht  
eingeordneten, aber im Netz zulässigen Frequenzen  
eingeordnet;

Eine andere Weiterbildung trägt ebenfalls zu einer  
30 insgesamt günstigen Interferenzsituation bei und besteht  
darin, daß eine durch die bisher erfolgten Zuweisungen  
erzeugte Interferenzsituation mit Hilfe einer  
Interferenzpreisfunktion bewertet wird und daß als  
weitere Frequenz-Auswahlkriterium diejenige Frequenz  
35 ausgewählt wird, deren Zuweisung die geringste Erhöhung  
der Interferenzpreisfunktion bewirkt.

- Diese Weiterbildung behebt einen weiteren Nachteil der bekannten Verfahren, bei welchen aus einer Matrix der Interferenzwahrscheinlichkeiten eine Verträglichkeitsmatrix abgeleitet wird, welche die
- 5 Wahrscheinlichkeitswerte in strikte Vorgaben im Sinne von "zulässig" oder "nicht zulässig" beinhaltet. Bei der Weiterbildung der Erfindung dagegen werden innerhalb eines vorgegebenen Wertebereichs die ermittelten Interferenzwahrscheinlichkeiten verwendet. Dabei können
- 10 Werte der Interferenzwahrscheinlichkeiten, die unterhalb des Wertebereiches liegen, vernachlässigt werden. Interferenzwahrscheinlichkeiten oberhalb des Wertebereiches führen zur strikten Vorgabe "nicht zulässig".
- 15 Innerhalb des Wertebereiches ist die Zuweisung prinzipiell erlaubt. Es wird aber berücksichtigt, ob aufgrund immer noch hoher Interferenzen die Zuweisung nicht wünschenswert ist. Dies bewirkt unter anderem, daß
- 20 in der Frequenzzuweisung jedes geografische Teilgebiet des insgesamt mit Frequenzen zu versorgenden Gebietes so gut versorgt wird, wie dies seine Interferenzsituation zuläßt.
- 25 Bei dieser Weiterbildung wird vorzugsweise die Erhöhung der Interferenzpreisfunktion dadurch ermittelt, daß die Eingangsinformationen ferner die Auslastung L und die Verkehrslast V der einzelnen Basisstationen enthalten und daß sich die Erhöhung E der Interferenzpreisfunktion als
- 30 Summe von Bewertungen von Störwirkungen bei relevanten Interferenzwahrscheinlichkeiten  $p_{AB}$  und  $p_{BA}$  zwischen der zuvor ausgewählten Basisstation A und anderen Basisstationen B unter Berücksichtigung der Zahl Z der in der jeweiligen Basisstation benötigten Frequenzen wie
- 35 folgt berechnet:
- $$E = \sum_B [(p_{AB} \cdot L_A \cdot L_B \cdot V_A) / Z_A + (p_{BA} \cdot L_B \cdot L_A \cdot V_B) / Z_B]$$

Je nach Gegebenheiten im einzelnen können dabei die Interferenzwahrscheinlichkeiten auch die Wahrscheinlichkeiten von Interferenzen durch  
5 Nachbarkanäle umfassen.

Bei einer Berechnung der Interferenzpreisfunktion betrachtet man alle Paare A und B von Basisstationen, für die wenigstens eine der beiden  
10 Interferenzwahrscheinlichkeiten (im Downlink-Fall: Störung durch A in der Zelle von B, Störung durch B in der Zelle von A; im Uplink-Fall: Störung an A durch B-Mobilstation, Störung an B durch A-Mobilstation) im Gleichkanalfall oder in einem Nachbarschaftskanalfall  
15 über einer entsprechenden Relevanzgrenze liegt.

Für ein solches Paar A und B werden die beiden gerichteten Beziehungen "A stört B" und "B stört A" getrennt bewertet. Diese Beziehungen werden relevante  
20 Störbeziehungen genannt. Für "B stört A" beispielsweise wird für jede der Basisstation A zugewiesene Frequenz geprüft, ob die gleiche Frequenz oder eine Nachbarmfrequenz (1., 2. usw.) in der Basisstation B benutzt wird. Für jeden solchen Fall werden die  
25 entsprechenden Interferenzwahrscheinlichkeiten vermerkt. Nach dieser Bearbeitung aller Frequenzen der Basisstation A werden alle so vermerkten Interferenzwahrscheinlichkeiten aufaddiert, mit der Auslastung der Basisstation A, der Auslastung der  
30 Basisstation B und der Verkehrslast der Basisstation A multipliziert und abschließend durch die Zahl der der Basisstation B zuzuweisenden Frequenzen dividiert.

Das Ergebnis liefert die Bewertung der Störbeziehung "B  
35 stört A". Es kann interpretiert werden als die mit der Bedeutung der Basisstation A für das Gesamtnetz gewichtete durchschnittliche Wahrscheinlichkeit, mit der

ein Benutzer der Basisstation A durch den Betrieb der Basisstation B während seiner Nutzungszeit gestört wird. Die Summe der Bewertungen der relevanten Störbeziehungen ist das Ergebnis der Interferenzpreisfunktion.

5

Eine weitere Verbesserung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß als weiteres Frequenz-Auswahlkriterium die Häufigkeit der einzelnen zugewiesenen Frequenzen im Mobilfunknetz berücksichtigt

10 wird.

Um in jedem Fall eine Auswahl beenden zu können, ist gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, daß bei der Auswahl der Basisstation und/oder  
15 der Auswahl der Frequenz ein Zufallsverfahren angewendet wird, wenn nach Anwendung aller vorangegangener Auswahlkriterien noch mehrere Basisstationen und/oder Frequenzen zur Auswahl stehen.

- 20 Eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß zur Auswahl einer Basisstation gemäß Schritt (a) als erstes Basisstations-Auswahlkriterium das Verhältnis der maximalen Zahl der dieser Basisstation noch gemeinsam  
25 zuweisbaren Frequenzen zu der Zahl der von dieser Basisstation noch benötigten Frequenzen angewendet wird, daß die Basisstation mit dem kleinsten Verhältnis ausgewählt wird, daß aus mehreren das kleinste Verhältnis aufweisenden Basisstationen ein den einzelnen  
30 Basisstationen zugeordnetes Schwierigkeitsmaß als zweites Auswahlkriterium angewendet wird, wobei die Basisstation mit dem größten Schwierigkeitsmaß ausgewählt wird, daß im Falle keiner eindeutigen Auswahl mit dem zweiten Basisstations-Auswahlkriterium als drittes  
35 Basisstations-Auswahlkriterium die Summe von Interferenzwahrscheinlichkeiten, die an der jeweiligen Basisstation wegen der Benutzung von gleichen Frequenzen

und/oder Nachbarfrequenzen im Verhältnis zu anderen Basisstationen bestehen, angewendet wird, wobei diejenige Basisstation mit der größten Summe von Interferenzwahrscheinlichkeiten ausgewählt wird, und daß

5 im Falle keiner eindeutigen Auswahl nach der Anwendung des dritten Auswahlkriteriums eine zufällige Auswahl unter den verbleibenden Stationen erfolgt.

Bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform ist

10 vorgesehen, daß zur Auswahl der Frequenz gemäß Schritt (b) ein erstes Frequenz-Auswahlkriterium aus der Zugehörigkeit der jeweiligen Frequenz zu der höchsten der folgenden Klasse besteht:

- in Klasse 1 werden von den an der ausgewählten

15 Basisstation erlaubten Frequenzen diejenigen eingeordnet, deren Zuweisung zur ausgewählten Basisstation für das Verhältnis der maximalen Zahl der dieser Basisstation noch gemeinsam zuweisbaren

20 Frequenzen zu der Zahl der von dieser Basisstation noch benötigten Frequenzen an der ausgewählten Basisstation einen Wert unter 1 erzeugen würde,

- in Klasse 2 werden von den restlichen Frequenzen diejenigen eingeordnet, deren Zuweisung zur

25 ausgewählten Basisstation für das Verhältnis der maximalen Zahl der einer anderen Basisstation noch gemeinsam zuweisbaren Frequenzen im Verhältnis zu der Zahl der von dieser anderen Basisstation noch benötigten Frequenzen einen Wert unter 1 erzeugen würde,

- 30 - in Klasse 3 werden alle anderen bisher noch nicht eingeordneten, aber im Netz zulässigen Frequenzen eingeordnet;

daß für den Fall keiner eindeutigen Auswahl nach dem ersten Frequenz-Auswahlkriterium als zweites

35 Frequenz-Auswahlkriterium eine mögliche Erhöhung einer Interferenzpreisfunktion berücksichtigt wird, welche aus denjenigen Werten der Interferenzwahrscheinlichkeit

- zwischen der zuvor ausgewählten Basisstation und anderen Basisstationen berechnet wird, welche nicht über der maximal zulässigen Interferenzwahrscheinlichkeit und nicht unterhalb einer überhaupt als relevant anzusehenden
- 5 Interferenzwahrscheinlichkeit liegen,  
daß als drittes Frequenz-Auswahlkriterium die Häufigkeit der bisher erfolgten Zuordnungen der Frequenzen dient, wobei die Frequenz mit der niedrigsten Häufigkeit ausgewählt wird, und
- 10 daß für den Fall keiner eindeutigen Auswahl nach dem dritten Frequenz-Auswahlkriterium eine zufällige Auswahl unter den verbleibenden Frequenzen erfolgt.

- Bei einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren zur
- 15 Zuweisung von Frequenzen zu Basisstationen eines Mobilfunknetzes, wobei von Eingangsinformationen ausgegangen wird, die mindestens die Anzahl der für jeweils eine Basisstation benötigten Frequenzen, die im Mobilfunknetz zulässigen Frequenzen und die
- 20 Wahrscheinlichkeiten der Interferenz (Interferenzwahrscheinlichkeiten) zwischen den Basisstationen im Fall gleicher oder benachbarter Frequenzen enthalten, ist vorgesehen, daß schrittweise einzelne Basisstationen und zuzuweisende Frequenzen
- 25 ausgewählt werden und daß bei der Auswahl der Frequenzen die Interferenzwahrscheinlichkeiten zahlenmäßig berücksichtigt werden.

- Die kennzeichnenden Merkmale dieses Verfahrens tragen
- 30 wesentlich zur Optimierung des Mobilfunknetzes bezüglich der Interferenzwahrscheinlichkeiten bei und können zusammen mit anderen Schritten und Auswahlkriterien für Basisstationen und Frequenzen angewendet werden.

- 35 Vorzugsweise werden bei diesem Verfahren nur die Interferenzwahrscheinlichkeiten innerhalb eines Wertebereiches, der zwischen einem als relevant

betrachteten Mindestwert und einem als höchstzulässig betrachteten Höchstwert liegt, berücksichtigt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der  
5 Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 in Form einer Matrix als Eingangsgrößen  
angenommene Interferenzwahrscheinlichkeiten  
10 zwischen vier Basisstationen,

Fig. 2 eine grafische Darstellung der Störbeziehungen  
zwischen den Basisstationen,

15 Fig. 3.1 bis Fig. 3.8 in Form von Tabellen den Zusammenhang zwischen verschiedenen Frequenzen, den Basisstationen und dem Verhältnis zwischen der Restkapazität und den noch benötigten Frequenzen für jeweils einen Verfahrensschritt.

20

Der Übersichtlichkeit halber wird von einem sehr kleinen Mobilfunknetz mit vier Basisstationen A, B, C, D ausgegangen, das beispielsweise die Erweiterung eines vorhandenen Netzes darstellt. In der Praxis erfolgen

25 jedoch mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Frequenzzuweisungen für Mobilfunknetze mit Hunderten oder sogar Tausenden von Basisstationen. Außerdem sind der Übersichtlichkeit halber nur acht zuzuteilende Frequenzen bei dem Ausführungsbeispiel vorgesehen.

30

Das Ausführungsbeispiel geht davon aus, daß die in Fig. 1 dargestellten Interferenzwahrscheinlichkeiten zuvor bestimmt wurden. Im sogenannten Down-Link-Fall geben diese die Wahrscheinlichkeit an, daß eine Kommunikation  
35 zwischen einer Basisstation und einer in ihrem Bereich befindlichen Mobilstation durch eine andere Basisstation gestört wird. Gemäß Fig. 1 stört beispielsweise die



Basisstation D die Basisstation C mit 12% Wahrscheinlichkeit bei der Verwendung einer gleichen Frequenz. Eine Interferenzwahrscheinlichkeit von 10% wird als maximal tolerierbar angesehen, während

5 Interferenzwahrscheinlichkeiten von weniger als 1% als nicht mehr relevant betrachtet werden.

Die Interferenzwahrscheinlichkeiten zu schon bestehenden Basisstationen des Mobilfunknetzes werden im stark

10 vereinfachten Ausführungsbeispiel nicht explizit aufgeführt. Es wird angenommen, daß sie entweder nicht relevant sind oder zu Verboten einzelner Frequenzen der Basisstationen A, B, C oder D führen. Die durch die Interferenzwahrscheinlichkeit gegebenen Störbeziehungen

15 zwischen den Basisstationen A, B, C, D lassen sich gemäß Fig. 2 auch in grafischer Form darstellen. Dabei bedeutet eine durchgezogene Verbindungslinie ein klares Verbot für die Verwendung gleicher Frequenzen. Eine gestrichelte Linie mit entsprechender Prozentzahl zeigt an, daß die

20 Verwendung gleicher Frequenzen erlaubt, aber nicht gewünscht ist. Sie ist umso unerwünschter, je größer die Interferenzwahrscheinlichkeit ist.

Für die Basisstationen A bis D sei folgendes bekannt:

- 25 - A benötigt zwei Frequenzen, darf die Frequenzen 3, 5 und 8 nicht benutzen und hat ein Schwierigkeitsmaß von 22.
- B benötigt zwei Frequenzen, darf die Frequenzen 2, 3 und 5 nicht benutzen und hat ein Schwierigkeitsmaß
- 30 von 20.
- C benötigt eine Frequenz, darf die Frequenzen 2, 3, 5, 6, 7, 8 nicht benutzen und hat ein Schwierigkeitsmaß von 30.
- D benötigt zwei Frequenzen, darf die Frequenzen 3, 5,
- 35 6, 8 nicht benutzen und hat ein Schwierigkeitsmaß von 18.

Die Nutzungsmöglichkeiten der Frequenzen sind in Fig. 3.1 tabellarisch dargestellt, wobei ein Balken über einer Zahl bedeutet, daß die entsprechende Frequenz für die jeweilige Basisstation verboten ist.

5

Für das zu erweiternde Mobilfunknetz sei ferner bekannt, daß im bisher schon existierenden Teil Frequenzen umso häufiger benutzt werden, je größer die Nummer der Frequenz ist. Die Verkehrslast und die Auslastung der einzelnen Basisstationen seien alle mit dem gleichen Dummy-Wert 1 gesetzt. Maximal sollen zehn Frequenzzuweisungsdurchläufe im Verfahren durchgeführt werden.

10

15 Zwei an einer Basisstation gemeinsam genutzte Frequenzen müssen aufgrund von Sendekopplereigenschaften einen Kanalabstand von drei haben, so daß beispielsweise die Benutzung der Frequenz 4 automatisch die Benutzung der Frequenzen 2, 3, 5 und 6 an derselben Basisstation  
20 verbietet.

Nachdem alle Eingangsdaten bekannt sind, beginnt das erfindungsgemäße Verfahren mit einem ersten Frequenzzuweisungsdurchlauf. Hier ist zunächst eine erste  
25 Basisstation auszuwählen. Dazu werden zur Überprüfung des erstrangigen Basisstations-Auswahlkriteriums die Verhältnisse von Restkapazität zur Anzahl der noch benötigten Frequenzen für die Basisstationen A bis D berechnet.

30

Für die Basisstation A bedeutet dies:  
Frequenz 1 ist benutzbar,  
Frequenz 2 ist wegen 1 verboten,  
Frequenz 3 ist wegen 1 und auch sonst verboten,  
35 Frequenz 4 ist benutzbar,  
Frequenz 5 ist wegen 4 aber auch sonst verboten,  
Frequenz 6 ist wegen 4 verboten,

Frequenz 7 ist benutzbar,  
Frequenz 8 ist wegen 7 verboten.

Daraus folgt eine Restkapazität von 3 und ein Verhältnis  
5 zwischen Restkapazität und noch benötigten Frequenzen von  
3/2. Dieses Verhältnis sowie die entsprechenden  
Verhältnisse für die Basisstationen B, C und D sind in  
Fig. 3.1 rechts angegeben.

- 10 Aufgrund des erstrangigen Basisstations-Auswahlkriteriums  
ist die Frequenzzuweisung mit einer der Basisstationen A,  
B oder D zu beginnen. Zur Auswahl unter diesen  
Basisstationen wird ein zweitrangiges Basisstations-  
Auswahlkriterium, nämlich das Schwierigkeitsmaß  
15 herangezogen, so daß die Wahl auf die Basisstation A  
fällt.

- Für die Basisstation A sind die Frequenzen 3, 5 und 8  
verboten. Keine der erlaubten Frequenzen (1, 2, 4, 6, 7)  
20 würde die Zuweisung der zweiten benötigten Frequenz für  
die Basisstation A bereits jetzt unmöglich machen, das  
heißt, die Klasse 1 ist leer. Ebenso ist die Klasse 2  
leer. Da die Klasse 3 daher aus mehr als einer Frequenz  
besteht, wird aus diesen Frequenzen nach dem  
25 zweitrangigen Kriterium für die Frequenzauswahl weiter  
sortiert. Da den Basisstationen C und D noch keine  
Frequenzen zugewiesen worden sind, muß die Veränderung  
der Interferenzpreisfunktion für jede Frequenz der  
Basisstation A null sein. Es ist deshalb eine weitere  
30 Auswahl nach dem drittrangigen Frequenz-Auswahlkriterium  
erforderlich. Nach der Bemerkung über die  
Nutzungshäufigkeit im schon bestehenden Netz muß die  
Frequenz 1 ausgewählt werden.  
Diese Zuweisung hat zur Folge, daß die Frequenzen 2 und 3  
35 nicht mehr in der Basisstation A benutzt werden dürfen  
und daß die Frequenz 1 wegen der hohen  
Interferenzwahrscheinlichkeit (siehe Fig. 1) in der

Basisstation B nicht benutzt werden darf. Dieser nach der ersten Einzelzuweisung bestehende Zustand ist in der Tabelle nach Fig. 3.2 dargestellt. Die Einrahmung einer Zahl bedeutet, daß die entsprechende Frequenz zugewiesen  
5 worden ist.

Fig. 3.2 zeigt außerdem die nach der ersten Einzelzuweisung erfolgte Neuberechnung der Verhältnisse von Restkapazität zur Anzahl der noch benötigten  
10 Frequenzen. Für die zweite Einzelzuweisung wird daher die Basisstation B ausgewählt. Für diese sind die Frequenzen 1, 2, 3 und 5 verboten. Die Wahl der Frequenz 6 würde die Zuweisung einer zweiten Frequenz zur Basisstation B schon jetzt unmöglich machen. Deshalb gehört Frequenz 6 in  
15 Klasse 1. Klasse 2 ist leer, während Klasse 3 die Frequenzen 4, 7 und 8 beinhaltet. Da die Basisstation C noch keine Frequenz erhalten hat, muß die Veränderung der Interferenzpreisfunktion für die Frequenz aus Klasse 3 jeweils gleich null sein. Aufgrund des oben erwähnten  
20 Häufigkeitskriteriums wird Frequenz 4 ausgewählt und der Basisstation B zugewiesen, was in Fig. 3.3 dargestellt ist. Außerdem zeigt Fig. 3.3 die neuen Verhältnisse zwischen Restkapazität und noch benötigten Frequenzen. Danach kommen für die dritte  
25 Einzelzuweisung nach dem erstrangigen Auswahlkriterium die Basisstationen A, B und D in Frage. Nach dem zweitrangigen Basisstations-Auswahlkriterium fällt die Wahl auf die Basisstation A.

30 Da die Frequenzen 6 und 7 beide in Klasse 3 liegen und wegen noch fehlender Frequenzen in den Basisstationen C und D keine Veränderung der Interferenzpreisfunktion erfolgen kann, wird wiederum nach dem Häufigkeitskriterium die Frequenz 6 ausgewählt. Nach  
35 dieser dritten Einzelzuweisung ergibt sich das in Fig. 3.4 dargestellte Zwischenergebnis.

- Für die vierte Einzelzuweisung fällt die Wahl nach dem Schwierigkeitsmaß auf die Basisstation B. Die Zuweisung von Frequenz 7 würde bedeuten, daß der Basisstation D nicht mehr zwei Frequenzen zugewiesen werden könnten.
- 5 Frequenz 7 gehört daher in Klasse 2, während die Frequenz 8 in Klasse 3 gehört und ausgewählt wird. Nach dieser vierten Einzelzuweisung ergibt sich der in Fig. 3.5 dargestellte Zustand.
- 10 Für die fünfte Einzelzuweisung fällt die Wahl auf die Basisstation D. Alle für diese Basisstation noch übrig gebliebenen Frequenzen gehören in Klasse 3. Für die Frequenz 1 ergibt sich wegen der Nutzung in Basisstation A eine Erhöhung der Interferenzpreisfunktion, was für die
- 15 Frequenzen 2 und 7 nicht der Fall ist. Nach dem Häufigkeitskriterium wird aus diesen Frequenzen die Frequenz 2 ausgewählt. Danach ergibt sich der in Fig. 3.6 dargestellte Zustand.
- 20 Für die sechste Einzelzuweisung wird wieder die Basisstation D ausgewählt. Nur die Frequenz 7 ist in Klasse 3. Sie wird deshalb der Basisstation 7 zugeteilt, was in Fig. 3.7 dargestellt ist.
- 25 Aus Fig. 3.7 ist ferner ersichtlich, daß nur noch der Basisstation C eine Frequenz zuzuteilen ist, wozu zwei Frequenzen frei sind, nämlich die Frequenzen 1 und 4. Für beide Frequenzen erhöht sich die Interferenzpreisfunktion.
- 30 Diese Erhöhung wird im Falle einer Zuweisung der Frequenz 1 wie folgt berechnet: Zunächst wird eine Erhöhung der Interferenzpreisfunktion für die Beziehung "C stört A" bei einer Interferenzwahrscheinlichkeit von 8% (Fig. 1)
- 35 berechnet. Diese Störbeziehung wird mit der Auslastung  $L_A$  der Basisstation A, der Auslastung  $L_C$  der Basisstation C und der Verkehrslast  $V_A$  der Basisstation A multipliziert

und durch die Anzahl der insgesamt für die Basisstation A benötigten Frequenzen dividiert. Da sowohl die Auslastung L als auch die Verkehrslast V mit 1 angenommen wurde, ergibt sich

5  $(8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) / 2 = 4$

In entsprechender Weise wird die Erhöhung der Interferenzpreisfunktion für die Beziehung "A stört C" berechnet, was

$(8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) / 1 = 8$  ergibt.

- 10 Für alle anderen potentiellen Störbeziehungen ergeben die Berechnungen 0. Die Summe der Bewertungen (Interferenzpreisfunktion) hat sich somit um 12 erhöht. Im Falle einer Zuweisung der Frequenz 4 erhöht sich durch eine ähnliche Berechnung die Interferenzpreisfunktion um
- 15 drei. Daraus folgt, daß nach dem zweitrangigen Frequenz-Auswahlkriterium die Frequenz 4 auszuwählen ist. Nach dieser siebten Einzelzuweisung ergibt sich der in Fig. 3.8 gezeigte Zustand. Damit ist der erste Zuweisungsdurchlauf beendet. Da es keine Basisstationen
- 20 mehr mit noch ungesättigtem Frequenzbedarf gibt, endet auch das gesamte Verfahren. Das in Fig. 3.8 dargestellte Endergebnis erfüllt alle Nebenbedingungen und liefert einen Frequenzplan, der einen möglichst interferenzfreien Netzbetrieb gewährleistet.

5

10

## Ansprüche

1. Verfahren zur Zuweisung von Frequenzen zu  
15 Basisstationen eines Mobilfunknetzes, wobei von  
Eingangsinformationen ausgegangen wird, die mindestens  
die Anzahl der für jeweils eine Basisstation benötigten  
Frequenzen, die im Mobilfunknetz zulässigen Frequenzen  
und Informationen zu möglichen Störwirkungen zwischen den  
20 Basisstationen im Fall gleicher und/oder benachbarter  
Frequenzen enthalten,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß folgende Schritte abwechselnd durchgeführt werden:  
(a) Auswahl einer Basisstation aus der Menge derjenigen  
25 Basisstationen, der noch nicht alle vorgesehenen  
Frequenzen zugewiesen worden sind, nach einem ersten  
Basisstations-Auswahlkriterium und  
erforderlichenfalls weiteren  
Basisstations-Auswahlkriterien,  
30 (b) Auswahl einer Frequenz nach einem ersten  
Frequenz-Auswahlkriterium und erforderlichenfalls  
weiteren Frequenz-Auswahlkriterien,  
(c) Kennzeichnung der Frequenz aus (b) als der  
Basisstation aus (a) zugewiesen.  
35
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß jeweils zunächst eine Basisstation und danach eine

Frequenz für die zuvor ausgewählte Basisstation ausgewählt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
5 daß ferner eine Kennzeichnung derjenigen Einzelzuweisungen (Frequenz zu Basisstation) erfolgt, die aufgrund der Auswahl der Basisstation und der Frequenz unter Berücksichtigung der möglichen Störwirkungen,  
10 insbesondere von maximal zulässigen Interferenzwahrscheinlichkeiten nicht mehr zulässig sind.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,  
15 daß die Schritte (a) bis (c) wiederholt werden bis allen Basisstationen die erforderliche Anzahl von Frequenzen zugewiesen ist oder bis bei weiterem Bedarf keine Frequenzen mehr zuweisbar sind, und  
20 daß im Falle, daß keine Frequenzen mehr zuweisbar sind, die Zuweisung von Frequenzen mit anderen Eingangsinformationen wiederholt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als erstes  
25 Basisstations-Auswahlkriterium die maximale Zahl der dieser Basisstation noch gemeinsam zuweisbaren Frequenzen im Verhältnis zu der Zahl der von der Basisstation noch benötigten Frequenzen dient.
- 30 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Informationen über mögliche Störwirkungen Interferenzwahrscheinlichkeiten sind und daß als ein Basisstations-Auswahlkriterium die Summe der Interferenzwahrscheinlichkeiten dient, die an  
35 der auszuwählenden Basisstation wegen der Benutzung von gleichen und/oder benachbarten Frequenzen im Verhältnis zu anderen Basisstationen bestehen.



7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingangsinformationen ferner für jede Basisstation ein Schwierigkeitsmaß  
5 enthalten, das nach einer Zuweisung, welche nicht alle Frequenzerfordernisse befriedigt, derart geändert wird, daß das Schwierigkeitsmaß derjenigen Basisstationen, welchen nicht die erforderliche Zahl von Frequenzen zugewiesen wurden, deterministisch oder nicht  
10 deterministisch heraufgesetzt wird und daß das Schwierigkeitsmaß bei der Auswahl der Basisstation gemäß Schritt (a) berücksichtigt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 15 dadurch gekennzeichnet, daß zur Auswahl der Frequenz gemäß Schritt (b) ein Frequenz-Auswahlkriterium aus der Zugehörigkeit der jeweiligen Frequenz zu der höchsten der folgenden Klasse besteht:

- in Klasse 1 werden von den an der ausgewählten  
20 Basisstation erlaubten Frequenzen diejenigen eingeordnet, deren Zuweisung zur ausgewählten Basisstation für das Verhältnis der maximalen Zahl der dieser Basisstation noch gemeinsam zuweisbaren Frequenzen zu der Zahl der von dieser Basisstation noch  
25 benötigten Frequenzen einen Wert unter 1 erzeugen würde,
- in Klasse 2 werden von den restlichen Frequenzen diejenigen eingeordnet, deren Zuweisung zur ausgewählten Basisstation für das Verhältnis der  
30 maximalen Zahl der einer anderen Basisstation noch gemeinsam zuweisbaren Frequenzen im Verhältnis zu der Zahl der von dieser anderen Basisstation noch benötigten Frequenzen einen Wert unter 1 erzeugen würde,
- 35 - in Klasse 3 werden alle anderen bisher noch nicht eingeordneten, aber im Netz zulässigen Frequenzen eingeordnet;

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine durch die bisher erfolgten Zuweisungen erzeugte Interferenzsituation mit Hilfe einer Interferenzpreisfunktion bewertet wird und daß als weiteres Frequenz-Auswahlkriterium diejenige Frequenz ausgewählt wird, deren Zuweisung die geringste Erhöhung der Interferenzpreisfunktion bewirkt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingangsinformationen ferner die Auslastung L und die Verkehrslast V der einzelnen Basisstationen enthalten und daß sich die Erhöhung E der Interferenzpreisfunktion als Summe von Bewertungen von Störwirkungen bei relevanten Interferenzwahrscheinlichkeiten  $p_{AB}$  und  $p_{BA}$  zwischen der zuvor ausgewählten Basisstation A und anderen Basisstationen B unter Berücksichtigung der Zahl Z der in der jeweiligen Basisstation benötigten Frequenzen wie folgt berechnet:
- $$E = \sum_B [(p_{AB} \cdot L_A \cdot L_B \cdot V_A) / Z_A + (p_{BA} \cdot L_B \cdot L_A \cdot V_B) / Z_B]$$
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Interferenzwahrscheinlichkeiten auch die Wahrscheinlichkeiten von Interferenzen durch Nachbarkanäle umfassen.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als weiteres Frequenz-Auswahlkriterium die Häufigkeit der einzelnen zugewiesenen Frequenzen im Mobilfunknetz berücksichtigt wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Auswahl der Basisstation und/oder der Auswahl der Frequenz ein Zufallsverfahren angewendet wird, wenn nach Anwendung

aller vorangegangener Auswahlkriterien noch mehrere Basisstationen und/oder Frequenzen zur Auswahl stehen.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
daß zur Auswahl einer Basisstation gemäß Schritt (a) als  
erstes Basisstations-Auswahlkriterium das Verhältnis der  
maximalen Zahl der dieser Basisstation noch gemeinsam  
zuweisbaren Frequenzen zu der Zahl der von dieser  
10 Basisstation noch benötigten Frequenzen angewendet wird,  
daß die Basisstation mit dem kleinsten Verhältnis  
ausgewählt wird,  
daß aus mehreren das kleinste Verhältnis aufweisenden  
Basisstationen eine der Basisstationen  
15 zugeordnetes Schwierigkeitsmaß als zweites  
Auswahlkriterium angewendet wird, wobei die Basisstation  
mit dem größten Schwierigkeitsmaß ausgewählt wird,  
daß im Falle keiner eindeutigen Auswahl mit dem zweiten  
Basisstations-Auswahlkriterium als drittes Basisstations-  
20 Auswahlkriterium die Summe von  
Interferenzwahrscheinlichkeiten, die an der jeweiligen  
Basisstation wegen der Benutzung von gleichen Frequenzen  
und/oder Nachbarnfrequenzen im Verhältnis zu anderen  
Basisstationen bestehen, angewendet wird, wobei diejenige  
25 Basisstation mit der größten Summe von  
Interferenzwahrscheinlichkeiten ausgewählt wird, und  
daß im Falle keiner eindeutigen Auswahl nach der  
Anwendung des dritten Auswahlkriteriums eine zufällige  
Auswahl unter den verbleibenden Stationen erfolgt.

30

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß zur Auswahl der Frequenz  
gemäß Schritt (b) ein erstes Frequenz-Auswahlkriterium  
aus der Zugehörigkeit der jeweiligen Frequenz zu der  
35 höchsten der folgenden Klasse besteht:

- in Klasse 1 werden von den an der ausgewählten  
Basisstation erlaubten Frequenzen diejenigen

- 5      eingeordnet, deren Zuweisung zur ausgewählten Basisstation für das Verhältnis der maximalen Zahl der dieser Basisstation noch gemeinsam zuweisbaren Frequenzen zu der Zahl der von dieser Basisstation noch benötigten Frequenzen an der ausgewählten Basisstation einen Wert unter 1 erzeugen würde,
- 10      - in Klasse 2 werden von den restlichen Frequenzen diejenigen eingeordnet, deren Zuweisung zur ausgewählten Basisstation für das Verhältnis der maximalen Zahl der einer anderen Basisstation noch gemeinsam zuweisbaren Frequenzen im Verhältnis zu der Zahl der von dieser anderen Basisstation noch benötigten Frequenzen einen Wert unter 1 erzeugen würde,
- 15      - in Klasse 3 werden alle anderen bisher noch nicht eingeordneten, aber im Netz zulässigen Frequenzen eingeordnet;
- 20      daß für den Fall keiner eindeutigen Auswahl nach dem ersten Frequenz-Auswahlkriterium als zweites Frequenz-Auswahlkriterium eine mögliche Erhöhung einer Interferenzpreisfunktion berücksichtigt wird, welche aus denjenigen Werten der Interferenzwahrscheinlichkeit zwischen der zuvor ausgewählten Basisstation und anderen Basisstationen berechnet wird, welche nicht über der
- 25      maximal zulässigen Interferenzwahrscheinlichkeit und nicht unterhalb einer überhaupt als relevant anzusehenden Interferenzwahrscheinlichkeit liegen,
- 30      daß als drittes Frequenz-Auswahlkriterium die Häufigkeit der bisher erfolgten Zuordnungen der Frequenzen dient, wobei die Frequenz mit der niedrigsten Häufigkeit ausgewählt wird, und
- 35      daß für den Fall keiner eindeutigen Auswahl nach dem dritten Frequenz-Auswahlkriterium eine zufällige Auswahl unter den verbleibenden Frequenzen erfolgt.

16. Verfahren zur Zuweisung von Frequenzen zu Basisstationen eines Mobilfunknetzes, wobei von

- Eingangsinformationen ausgegangen wird, die mindestens die Anzahl der für jeweils eine Basisstation benötigten Frequenzen, die im Mobilfunknetz zulässigen Frequenzen und die Wahrscheinlichkeiten der Interferenz
- 5 (Interferenzwahrscheinlichkeiten) zwischen den Basisstationen im Fall gleicher oder benachbarter Frequenzen enthalten, dadurch gekennzeichnet, daß schrittweise einzelne Basisstationen und zuzuweisende Frequenzen ausgewählt werden und daß bei der Auswahl der
- 10 Frequenzen die Interferenzwahrscheinlichkeiten zahlenmäßig berücksichtigt werden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Interferenzwahrscheinlichkeiten innerhalb eines
- 15 Wertebereiches, der zwischen einem als relevant betrachteten Mindestwert und einem als höchstzulässig betrachteten Höchstwert liegt, berücksichtigt werden.

## GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

[beim Internationalen Büro am 17. März 1994 (17.03.94) eingegangen;  
ursprünglicher Anspruch 16 durch geänderten Anspruch 16 ersetzt;  
alle weiteren Ansprüche unverändert (1 Seite)]

05

Eingangsinformationen ausgegangen wird, die mindestens  
die Anzahl der für jeweils eine Basisstation benötigten  
10 Frequenzen, die im Mobilfunknetz zulässigen Frequenzen  
und die Wahrscheinlichkeiten der Interferenz  
(Interferenzwahrscheinlichkeiten) zwischen den Basis-  
stationen im Fall gleicher oder benachbarter Frequenzen  
enthalten, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
15 daß die Frequenzen so gewählt werden, daß die durch  
die Zuweisung bewirkte Erhöhung der Interferenzpreis-  
funktion minimal ist.

17. Verfahren nach Anspruch 16, d a d u r c h  
20 g e k e n n z e i c h n e t, daß die Interferenz-  
wahrscheinlichkeiten innerhalb eines Wertebereiches,  
der zwischen einem als relevant betrachteten Mindestwert  
und einem als höchstzulässig betrachteten Höchstwert  
liegt, berücksichtigt werden.

25

1/2

	A	B	C	D
A	0	12	8	7
B	12	0	2	13
C	8	2	0	12
D	7	13	12	0

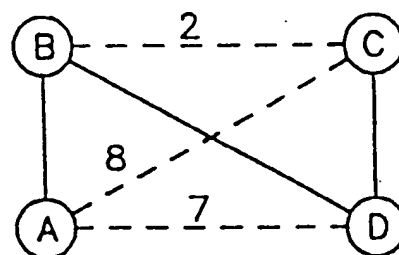


Fig.1

Fig.2

A:	1	2	$\bar{3}$	4	$\bar{5}$	6	7	$\bar{8}$	3/2
B:	1	$\bar{2}$	$\bar{3}$	4	$\bar{5}$	6	7	8	3/2
C:	1	$\bar{2}$	$\bar{3}$	4	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	2/1
D:	1	2	$\bar{3}$	4	$\bar{5}$	$\bar{6}$	7	$\bar{8}$	3/2

Fig.3.1

A:	$\boxed{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	4	$\bar{5}$	6	7	$\bar{8}$	2/1
B:	$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	4	$\bar{5}$	6	7	8	2/2
C:	1	$\bar{2}$	$\bar{3}$	4	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	2/1
D:	1	2	$\bar{3}$	4	$\bar{5}$	$\bar{6}$	7	$\bar{8}$	3/2

Fig.3.2

A:	$\boxed{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	6	7	$\bar{8}$	1/1
B:	$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\boxed{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	7	8	1/1
C:	1	$\bar{2}$	$\bar{3}$	4	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	2/1
D:	1	2	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	7	$\bar{8}$	2/2

Fig.3.3

2/2

A:	$\boxed{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\boxed{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	0/0
B:	$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\boxed{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	7	8	1/1
C:	1	$\bar{2}$	$\bar{3}$	4	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	2/1
D:	1	2	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	7	$\bar{8}$	2/2

Fig.3.4

A:	$\boxed{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\boxed{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	0/0
B:	$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\boxed{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	$\boxed{8}$	0/0
C:	1	$\bar{2}$	$\bar{3}$	4	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	2/1
D:	1	2	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	7	$\bar{8}$	2/2

Fig.3.5

A:	$\boxed{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\boxed{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	0/0
B:	$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\boxed{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	$\boxed{8}$	0/0
C:	1	$\bar{2}$	$\bar{3}$	4	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	2/1
D:	$\bar{1}$	$\boxed{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	7	$\bar{8}$	1/1

Fig.3.6

A:	$\boxed{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\boxed{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	0/0
B:	$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\boxed{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	$\boxed{8}$	0/0
C:	1	$\bar{2}$	$\bar{3}$	4	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	2/1
D:	$\bar{1}$	$\boxed{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\boxed{7}$	$\bar{8}$	0/0

Fig.3.7

A:	$\boxed{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\boxed{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	0/0
B:	$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\boxed{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	$\boxed{8}$	0/0
C:	1	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\boxed{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	1/0
D:	$\bar{1}$	$\boxed{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\boxed{7}$	$\bar{8}$	0/0

Fig.3.8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/EP 93/02846

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 5 H04Q7/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 5 H04Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GLOBECOM vol. 2, December 1985, NEW ORLEANS pages 997 - 1001	1-4
Y	HONG ET AL. 'Heuristic Channel Assignments for Cellular Land Mobile Radio Systems' see the whole document	16, 17
Y	WO,A,90 10341 (TELEVERKET) 7 September 1990	16, 17
A	see abstract see page 1, line 36 - page 3, line 25 see page 12, line 15 - page 16, line 21	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*I\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\*Z\* document member of the same patent family

2

Date of the actual completion of the international search

18 January 1994

Date of mailing of the international search report

28.01.94

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

JANYSZEK, J

### Information on patient family members

PCT/EP 93/02846

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9010341	07-09-90	SE-B- 465146	29-07-91
		EP-A- 0461176	18-12-91
		SE-A- 8900742	04-09-90
-----			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 93/02846

**A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 5 H04Q7/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 5 H04Q

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GLOBECOM Bd. 2, Dezember 1985, NEW ORLEANS Seiten 997 - 1001	1-4
Y	HONG ET AL. 'Heuristic Channel Assignments for Cellular Land Mobile Radio Systems' siehe das ganze Dokument	16, 17
Y	---	16, 17
Y	WO, A, 90 10341 (TELEVERKET) 7. September 1990	1
A	siehe Zusammenfassung siehe Seite 1, Zeile 36 - Seite 3, Zeile 25 siehe Seite 12, Zeile 15 - Seite 16, Zeile 21 -----	

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Januar 1994

Anmeldedatum des internationalen Recherchenberichts

28.01.94

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 cpo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bevollmächtigter

JANYSZEK, J

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 93/02846

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO-A-9010341	07-09-90	SE-B- 465146	29-07-91
		EP-A- 0461176	18-12-91
		SE-A- 8900742	04-09-90
-----			